

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Kohki MUKAI**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Filed: **March 8, 2002**



For: **OPTICAL SIGNAL PROCESSING DEVICE, OPTICAL DEMULTIPLEXER,  
WAVELENGTH CONVERTING DEVICE, OPTICAL SIGNAL  
PROCESSING METHOD, AND WAVELENGTH CONVERTING METHOD**

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

March 8, 2002

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications are hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

**Japanese Appln. No. 2001-331091, filed October 29, 2001**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of these applications be marked to indicate that the applicant has complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,  
ARMSTRONG, WESTERMAN & HATTORI, LLP

Donald W. Hanson  
Reg. No. 27,133

Atty. Docket No.: 020229  
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
Tel: (202) 659-2930  
Fax: (202) 887-0357  
DWH/ll

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2001年10月29日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2001-331091

[ST.10/C]:

[JP2001-331091]

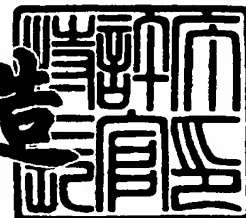
出 願 人  
Applicant(s):

富士通株式会社

2002年 1月18日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3117134

【書類名】 特許願

【整理番号】 0140091

【提出日】 平成13年10月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/28

【発明の名称】 光信号処理装置、光デマルチプレクサ、波長変換装置、  
光信号処理方法及び波長変換方法

【請求項の数】 10

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通  
株式会社内

    【氏名】 向井 剛輝

【特許出願人】

    【識別番号】 000005223

    【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100091340

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 高橋 敬四郎

    【電話番号】 03-3832-8095

【選任した代理人】

    【識別番号】 100105887

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 来山 幹雄

    【電話番号】 03-3832-8095

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 009852

    【納付金額】 21,000円

・【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705794

【包括委任状番号】 0109607

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光信号処理装置、光デマルチプレクサ、波長変換装置、光信号処理方法及び波長変換方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2つの信号光が入力され該2つの信号光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該2つの信号光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、外部からの励起によって屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、

信号光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に信号光を入力する第1の光導波路と、

信号光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に信号光を入力し、入力端から該光路重畳分離器までの光路長が、前記第1の光導波路の入力端から該光路重畳分離器までの光路長よりも長い第2の光導波路と、

前記非線型導波路に制御光を導入する制御光導入光学系と、

2つの信号光が入力され、該2つの信号光の位相差により、信号光を振り分ける干渉分離器と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の信号光を該干渉分離器に導入する第3の光導波路と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の信号光を該干渉分離器に導入し、前記第3の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第4の光導波路であって、前記第1の光導波路を伝搬した信号光に対して、前記第2の光導波路を伝搬した信号光が遅延した遅延時間が、前記干渉分離器に到達する時点で回復されるように光路長が設定された該第4の光導波路と

を有する光信号処理装置。

【請求項 2】 前記制御光導入光学系が、前記第1の光導波路及び第2の光導波路のうち一方に合流する制御光入力用導波路を含む請求項1に記載の光信号処理装置。

【請求項 3】 前記光路重畳分離器が、

少なくとも 2 つの入力点と少なくとも 2 つの出力点とを有する第 1 のマルチモード干渉計と、

前記第 1 のマルチモード干渉計の出力点に対応する入力点と、少なくとも 2 つの出力点とを有する第 2 のマルチモード干渉計と、

前記第 1 のマルチモード干渉計の出力点と前記第 2 のマルチモード干渉計の対応する入力点とを接続し、少なくとも一つが非線型導波路である複数の導波路とを有し、前記第 1 のマルチモード干渉計の一方の入力点から入力された信号光が、前記複数の導波路を通過して前記第 2 のマルチモード干渉計の一方の出力点から出力され、前記第 1 のマルチモード干渉計の他方の入力点から入力された信号光が、前記複数の導波路を通過して前記第 2 のマルチモード干渉計の他方の出力点から出力されるように構成されている請求項 1 または 2 に記載の光信号処理装置。

【請求項 4】 第 1 の波長の 2 つの連続光が入力され該 2 つの連続光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該 2 つの連続光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、第 2 の波長の制御光パルスを導入することによって非線型屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、

連続光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に連続光を入力する第 1 の光導波路と、

連続光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に連続光を入力する第 2 の光導波路と、

前記非線型導波路に前記制御光パルスを導入する制御光導入光学系と、

2 つの連続光が入力され、該 2 つの連続光の位相差がある条件を満たす期間のみ、第 1 の波長の光を出力する干渉分離器と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の連続光を該干渉分離器に導入する第 3 の光導波路と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の連続光を該干渉分離器に導入し、前記第 3 の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第 4 の光導波路と

を有する波長変換装置。

【請求項 5】 前記光路重畳分離器が、

少なくとも 2 つの入力点と少なくとも 2 つの出力点とを有する第 1 のマルチモード干渉計と、

前記第 1 のマルチモード干渉計の出力点に対応する入力点と、少なくとも 2 つの出力点とを有する第 2 のマルチモード干渉計と、

前記第 1 のマルチモード干渉計の出力点と前記第 2 のマルチモード干渉計の対応する入力点とを接続し、少なくとも一つが非線型導波路である複数の導波路とを有し、前記第 1 のマルチモード干渉計の一方の入力点から入力された連続光が、前記複数の導波路を通過して前記第 2 のマルチモード干渉計の一方の出力点から出力され、前記第 1 のマルチモード干渉計の他方の入力点から入力された連続光が、前記複数の導波路を通過して前記第 2 のマルチモード干渉計の他方の出力点から出力されるように構成されている請求項 4 に記載の波長変換装置。

【請求項 6】 複数のドロップ素子であって、該ドロップ素子の各々が、制御光が入力される制御光入力口、信号光が入力される信号光入力口、及びドロップ信号出力口を有するドロップ素子と、

時分割多重された信号光を分岐させ、分岐された複数の信号光を、それぞれ前記ドロップ素子の信号光入力口に入力する信号導波路と、

1 つの制御光を分岐させ、分岐した複数の制御光の各々を、対応する前記ドロップ素子に、一定の時間ずつ徐々に遅らせて到達させる制御導波路とを有し、

前記複数のドロップ素子の各々が、

前記信号光入力口から入力された信号光を分岐させる分岐光学素子と、

2 つの信号光が入力され該 2 つの信号光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該 2 つの信号光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、外部からの励起によって屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された一方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続された第 1 の光導波路と

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された他方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、入力端から該光路重畳分離器までの光路長が、前記第 1 の光導波路の入力端から該光路重畳分離器までの光路長よりも長い第 2 の光導波路と、

前記制御光入力口から入力された制御光を、前記非線型導波路に導入する制御光導入光学系と、

2 つの信号光が入力され、該 2 つの信号光の位相差がある特定の条件を満足している場合に、信号光を前記ドロップ信号出力口から出力する干涉分離器と、

前記光路重畳分離器と前記干涉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の信号光を該干涉分離器に導入する第 3 の光導波路と、

前記光路重畳分離器と前記干涉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の信号光を該干涉分離器に導入し、前記第 3 の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第 4 の光導波路であって、前記第 1 の光導波路を伝搬した信号光に対して、前記第 2 の光導波路を伝搬した信号光が遅延した遅延時間が、前記干涉分離器に到達する時点で回復されるように光路長が設定された該第 4 の光導波路と

を有する光デマルチプレクサ。

【請求項 7】  $N$  個 ( $N$  は 2 以上の整数) のドロップ素子であって、該ドロップ素子の各々が、制御光が入力される制御光入力口、信号光が入力される信号光入力口、及びドロップ信号出力口を有するドロップ素子と、

多重度  $N$  に時分割多重され、 $N$  個のチャネルを有する信号光を、前記ドロップ素子の各々の信号光入力口に入力する信号導波路と、

1 つの制御光を  $N$  個に分岐させ、分岐した  $i$  番目 ( $i$  は 1 以上  $N$  以下の整数) の制御光を、 $i$  番目の前記ドロップ素子の制御光入力口に入力する制御導波路とを有し、 $i$  番目のドロップ素子に入力される制御光が、 $i$  番目のドロップ素子に入力される信号光の  $i$  番目のチャネルに同期するように、前記信号導波路と制御導波路が制御光及び信号光の一方を他方に対して遅延させ、

前記複数のドロップ素子の各々が、



・ 前記信号光入力口から入力された信号光を分岐する分岐光学素子と、

2つの信号光が入力され該2つの信号光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該2つの信号光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、外部からの励起によって屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された一方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続された第1の光導波路と

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された他方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、入力端から該光路重畳分離器までの光路長が、前記第1の光導波路の入力端から該光路重畳分離器までの光路長よりも長い第2の光導波路と、

前記制御光入力口から入力された制御光を、前記非線型導波路に導入する制御光導入光学系と、

2つの信号光が入力され、該2つの信号光の位相差がある特定の条件を満足している場合に、信号光を前記ドロップ信号出力口から出力する干涉分離器と、

前記光路重畳分離器と前記干涉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の信号光を該干涉分離器に導入する第3の光導波路と、

前記光路重畳分離器と前記干涉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の信号光を該干涉分離器に導入し、前記第3の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第4の光導波路であって、前記第1の光導波路を伝搬した信号光に対して、前記第2の光導波路を伝搬した信号光が遅延した遅延時間が、前記干涉分離器に到達する時点で回復されるように光路長が設定された該第4の光導波路と

を有する光デマルチプレクサ。

【請求項8】 第1段目から第N段目までのN個（Nは2以上の整数）のドロップ素子であって、該ドロップ素子の各々が、制御光が入力される制御光入力口、信号光が入力される信号光入力口、制御光の入力に同期して信号光が出力されるドロップ信号出力口、及び少なくとも該ドロップ信号出力口に信号光が出力

されていない期間に信号光を出力するスルー信号出力口を有するドロップ素子と

時分割多重された信号光を、第 1 段目のドロップ素子の信号光入力口に入力する第 1 の光導波路と、

各ドロップ素子のスルー信号出力口を、次段のドロップ素子の信号光入力口に接続する第 2 の光導波路と、

1 つの制御光を分岐し、分岐された複数の制御光の各々を、対応する前記ドロップ素子に、後段になるほど一定の時間ずつ徐々に遅らせて到達させる制御導波路と

を有し、

前記複数のドロップ素子の各々が、

前記信号光入力口から入力された信号光を分岐する分岐光学素子と、

2 つの信号光が入力され該 2 つの信号光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該 2 つの信号光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、外部からの励起によって屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された一方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続された第 1 の光導波路と

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された他方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、入力端から該光路重畳分離器までの光路長が、前記第 1 の光導波路の入力端から該光路重畳分離器までの光路長よりも長い第 2 の光導波路と、

前記制御光入力口から入力された制御光を、前記非線型導波路に導入する制御光導入光学系と、

2 つの信号光が入力され、該 2 つの信号光の位相差がある特定の条件を満足している場合に、信号光を前記ドロップ信号出力口から出力し、該条件を満足していない場合に、信号光を前記スルー信号出力口から出力する干涉分離器と、

前記光路重畳分離器と前記干涉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力

された一方の信号光を該干渉分離器に導入する第3の光導波路と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の信号光を該干渉分離器に導入し、前記第3の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第4の光導波路であって、前記第1の光導波路を伝搬した信号光に対して、前記第2の光導波路を伝搬した信号光が遅延した遅延時間が、前記干渉分離器に到達する時点で回復されるように光路長が設定された該第4の光導波路と

を有する光デマルチプレクサ。

【請求項9】 複数のチャンネルを有する時分割多重された光信号を、第1の光信号と第2の光信号とに分岐する工程と、

前記第2の信号光を前記第1の信号光よりも1チャンネル分の時間だけ遅延させて、該第1の信号光及び第2の信号光を非線型導波路に導入する工程と、

第1の時刻に前記非線型導波路の屈折率を変化させ、該第1の時刻以降に該非線型導波路を通過するチャンネルの光信号の位相を変化させる工程と、

前記非線型導波路から出力された第1の信号光及び第2の信号光を、前記第1の信号光を前記第2の信号光よりも1チャンネル分の時間だけ遅延させて、干渉分離器に導入する工程と、

前記第1の信号光と第2の信号光の対応するチャンネルのうち、信号光の位相が相互にずれているチャンネルの信号光を分離する工程と  
を有する光信号処理方法。

【請求項10】 第1の波長の連続光を、第1の連続光と第2の連続光とに分岐する工程と、

前記第1の連続光と第2の連続光とを、非線型導波路に導入する工程と、

第1の時刻に、前記第1の波長とは異なる第2の波長の制御光パルスを前記非線型導波路に導入して該非線型導波路の屈折率を変化させ、該第1の時刻以降に該非線型導波路を通過する第1の連続光及び第2の連続光の位相を変化させる工程と、

前記非線型導波路から出力された第1の連続光及び第2の連続光を、前記第1の連続光を前記第2の連続光よりも第1の遅延時間だけ遅延させて、干渉分離器

に導入する工程と、

前記第 1 の連続光と第 2 の連続光のうち、位相が相互に位相がずれている期間のみ、前記第 1 の波長の光信号を出力する工程とを有する波長変換方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光信号を電気信号に変換することなく信号処理を行う光信号処理装置、光デマルチプレクサ、波長変換装置、光信号処理方法及び波長変換方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、大容量光通信方式として、波長分割多重（WDM）光通信方式が開発され、さらに大容量通信を目指した光時分割多重（OTDM）光通信方式や、時間波長分割多重（TWDM）光通信方式が提唱され、それらの方式の研究が進められている。

【 0 0 0 3 】

WDM光通信方式では、波長多重された光信号の複数の波長の各々が、一つの通信チャンネルに割り当てられる。複数の光信号を多重化するために、多重される元の光信号の各々を、当該信号が割り当てられる通信チャンネルの波長に変換しなければならない。この波長変換は、従来、光信号を一旦電気信号に変換し、電気信号を所望の波長の光信号に再変換することにより行われていた。

【 0 0 0 4 】

OTDM光通信方式では、同一波長の、非常に狭いパルス幅を持った光パルスを用いて、信号密度を高める方式である。例えば、時分割多重された光信号の通信速度は、160 Gbit/s 以上になる。

【 0 0 0 5 】

電気信号の応答速度は半導体素子内のキャリアの移動時間で制限され、光の応答速度よりも遅い。例えば、現在、電気信号の速度限界は40 Gbit/s 程度

と考えられている。この速度以上のOTDM信号を処理するためには、光信号を高速の光信号処理によって分割し、電氣的な処理が可能なビットレートまで落とす（デマックス）必要がある。

## 【0006】

OTDM光通信方式とWDM光通信方式とを組み合わせたTWDM光通信方式では、さらに大容量の光通信を実現することができる。

## 【0007】

こうした背景を踏まえ、近年、光信号を電気信号に変換することなく、光信号のままデマックスする光素子（光デマルチプレクサ）が研究されている。従来、非線型ループミラー（NOLM）型、マッハツェンダ型、偏光分離型等の光デマルチプレクサが提案されている。

## 【0008】

図9（A）に、NOLM型光デマルチプレクサの概略図を示す。光信号 $sig_1$ が入力側光ファイバ100を經由して、光ファイバのループ101の分岐点102に到達する。光信号 $sig_1$ は、分岐点102で、ループ101内を反時計回りに進行する光信号 $sig_2$ と、時計回りに進行する光信号 $sig_3$ に分岐される。光信号 $sig_1$ は、チャンネル#1～チャンネル#4までの4つのチャンネルが時分割多重された信号である。

## 【0009】

光ループ101内の、分岐点102とは非対称の位置に非線型導波路103が挿入されている。反時計回りに進行する光信号 $sig_2$ が、時計回りに進行する光信号 $sig_3$ よりも早く、非線型導波路103に到達する。光信号 $sig_2$ のチャンネル#2が非線型導波路103を通過した直後に、非線型導波路103内に制御光パルスconが入力される。制御光パルスconが入力されると、非線型導波路103の屈折率が変化し、光信号 $sig_2$ のチャンネル#3及び#4の光の位相が $\pi$ だけシフトする。図9では、位相が $\pi$ だけシフトしたパルスに斜線が付されている。

## 【0010】

光信号 $sig_3$ は、光信号 $sig_2$ よりも遅れて非線型導波路103に到達する

ため、非線型導波路103に制御光パルスconが入力された時点では、チャンネル#1しか非線型導波路を通過していない。このため、光信号sig<sub>3</sub>のチャンネル#2～#4の光の位相が $\pi$ だけシフトする。

## 【0011】

光信号sig<sub>2</sub>とsig<sub>3</sub>とが分岐点102に戻ると、両者のチャンネルのうち位相の揃っているチャンネル#1、#3及び#4は、入力側光ファイバ100内を進行し、位相のずれているチャンネル#2は、出力側光ファイバ105内を進行する。このように、時分割多重された光信号sig<sub>1</sub>から1つのチャンネルの信号のみを分離することができる。

## 【0012】

NOLM型光デマルチプレクサでは、光ループ101内を光信号が通過する時間が、処理可能な信号速度を制限している。また、光ファイバのループを使用するため、装置の小型化を図ることが困難である。

## 【0013】

図9(B)に、マッハツェンダ型光デマルチプレクサの概略図を示す。マッハツェンダ干渉計120の2本のアームに、それぞれ非線型導波路121及び122が挿入されている。光信号sig<sub>10</sub>が光信号sig<sub>11</sub>とsig<sub>12</sub>とに分岐されて、それぞれが非線型導波路121及び122に導入される。制御光パルスconが、相互に異なるタイミングで、非線型導波路121及び122に入力される。

## 【0014】

非線型導波路121においては、チャンネル#1のパルスが通過した直後に、制御光パルスconが入力され、非線型導波路122においては、チャンネル#2のパルスが通過した直後に制御光パルスconが入力される。非線型導波路121を通過した光信号sig<sub>11</sub>のチャンネル#2～#4の光の位相が $\pi$ だけシフトし、非線型導波路122を通過した光信号sig<sub>12</sub>のチャンネル#3及び#4の光の位相が $\pi$ だけシフトする。

## 【0015】

光信号sig<sub>11</sub>とsig<sub>12</sub>とを合波することにより、チャンネル#1、#3及び

#4の信号が出力光ファイバ125内に導入され、チャンネル#2の信号が他の出力光ファイバ126内に導入される。

【0016】

マッハツェンダ型光デマルチプレクサでは、非線型導波路が挿入され、相互に平行に配置された2本のアームが必要になる。このため、装置が大きくなってしまふ。

【0017】

図9(C)に、偏光分離型光デマルチプレクサの概略図を示す。光信号 $sig_{20}$ が複屈折結晶130に入射する。複屈折結晶130は、TMモードの光を、TEモードの光に対して1パルス分遅延させる。複屈折結晶130を通過した光信号 $sig_{21}$ 及び制御光パルス $con$ が、非線型導波路131に入力される。TEモードのチャンネル#2のパルスが非線型導波路131を通過した直後に、制御光パルス $con$ が非線型導波路131に入力される。

【0018】

非線型導波路131を通過した光信号 $sig_{22}$ の、TEモードのチャンネル#3及び#4のパルスの光の位相が $\pi$ だけ遅れ、TMモードのチャンネル#2～#4のパルスの光の位相が $\pi$ だけ遅れる。非線型導波路131を通過した光信号 $sig_{22}$ が、複屈折結晶132に入力される。複屈折結晶132は、TEモードの光をTMモードの光に対して1パルス分だけ遅延させる。これにより、複屈折結晶132を通過した光信号 $sig_{23}$ においては、TMモードの各パルスが、TEモードの対応するチャンネルのパルスの位置と一致する。

【0019】

光信号 $sig_{23}$ においては、チャンネル#1、#3及び#4のTMモードのパルスとTEモードのパルスとの位相が揃うが、チャンネル#2の両モードのパルスは相互に位相差を有する。光信号 $sig_{23}$ を偏光子133に入力させることにより、チャンネル#2のパルスのみを分離することができる。

【0020】

上述のように、偏光分離型光デマルチプレクサでは、入力される光信号のTMモードとTEモードとの強度がほぼ等しいことが条件とされる。ところが、一般

に、光ファイバを伝搬してきた光信号の偏光状態は一定ではない。このため、偏光分離型光デマルチプレクサは、実用には不向きである。

【 0 0 2 1 】

以上、光信号のデマックスを行う方法を説明したが、上記 3 種類の光デマルチプレクサは、異なる波長を持った信号光と制御光とを用いることにより、波長変換器として動作させることもできる。

【 0 0 2 2 】

【発明が解決しようとする課題】

上述のように、従来のいずれの方式の光デマルチプレクサ及び波長変換器も、処理速度の制限、装置の大型化、光信号の偏光状態依存性等の課題を有する。

【 0 0 2 3 】

本発明の目的は、処理速度を高め、装置の小型化を図ることが可能で、光信号の偏光状態に依存しない光信号処理装置及び処理方法を提供することである。

【 0 0 2 4 】

本発明の他の目的は、上記光信号処理装置を用いた光デマルチプレクサを提供することである。

【 0 0 2 5 】

本発明の他の目的は、処理速度を高め、装置の小型化を図ることが可能で、光信号の偏光状態に依存しない波長変換装置及び波長変換方法を提供することである。

【 0 0 2 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明の一観点によると、2つの信号光が入力され該2つの信号光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該2つの信号光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、外部からの励起によって屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、信号光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に信号光を入力する第1の光導波路と、信号光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に信号光を入力し、入力端から該光路重畳分離器までの光路長が、前記第1の光



導波路の入力端から該光路重畳分離器までの光路長よりも長い第2の光導波路と、前記非線型導波路に制御光を導入する制御光導入光学系と、2つの信号光が入力され、該2つの信号光の位相差により、信号光を振り分ける干渉分離器と、前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の信号光を該干渉分離器に導入する第3の光導波路と、前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の信号光を該干渉分離器に導入し、前記第3の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第4の光導波路であって、前記第1の光導波路を伝搬した信号光に対して、前記第2の光導波路を伝搬した信号光が遅延した遅延時間が、前記干渉分離器に到達する時点で回復されるように光路長が設定された該第4の光導波路とを有する光信号処理装置が提供される。

## 【 0 0 2 7 】

第2の光導波路を通して光路重畳分離器に入力される信号光は、第1の光導波路を通して光路重畳分離器に入力される信号光よりも遅延する。制御光が非線型導波路に導入された時点以降に、非線型導波路を通過する信号光の位相が変化する。例えば、位相が $\pi$ だけ遅れる。2つの信号光が干渉分離器に到達した時点では、遅延が解消している。このため、ある時刻においては、一方の信号光と他方の信号光との位相が異なる。位相の異なる信号光が、干渉分離器により分離される。

## 【 0 0 2 8 】

本発明の他の観点によると、第1の波長の2つの連続光が入力され該2つの連続光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該2つの連続光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、第2の波長の制御光パルスを導入することによって非線型屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、連続光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に連続光を入力する第1の光導波路と、連続光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に連続光を入力する第2の光導波路と、前記非線型導波路に前記制御光パルスを導入する制御光導入光学系と、2つの連続光が入力され、該2つの連続光の位相差がある条件を満たす期間のみ

、第1の波長の光を出力する干渉分離器と、前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の連続光を該干渉分離器に導入する第3の光導波路と、前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の連続光を該干渉分離器に導入し、前記第3の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第4の光導波路とを有する波長変換装置が提供される。

## 【0029】

制御光が非線型導波路に導入された時点以降に、非線型導波路を通過する信号光の位相が変化する。例えば、位相が $\pi$ だけ遅れる。2つの信号光が干渉分離器に到達する時点では、一方の連続光が他方の連続光に比べて遅延している。このため、ある時刻においては、一方の連続光と他方の連続光との位相が異なる。連続光のうち位相の異なる部分が、干渉分離器により分離される。分離された光信号は、制御光に同期している。すなわち、制御光の波長が、連続光の波長に変換されたことになる。

## 【0030】

本発明の他の観点によると、複数のドロップ素子であって、該ドロップ素子の各々が、制御光が入力される制御光入力口、信号光が入力される信号光入力口、及びドロップ信号出力口を有するドロップ素子と、時分割多重された信号光を分岐させ、分岐された複数の信号光を、それぞれ前記ドロップ素子の信号光入力口に入力する信号導波路と、1つの制御光を分岐させ、分岐した複数の制御光の各々を、対応する前記ドロップ素子に、一定の時間ずつ徐々に遅らせて到達させる制御導波路とを有し、前記複数のドロップ素子の各々が、上述の光信号処理装置と同様の構成である光デマルチプレクサが提供される。

## 【0031】

本発明の他の観点によると、N個（Nは2以上の整数）のドロップ素子であって、該ドロップ素子の各々が、制御光が入力される制御光入力口、信号光が入力される信号光入力口、及びドロップ信号出力口を有するドロップ素子と、多重度Nに時分割多重され、N個のチャネルを有する信号光を、前記ドロップ素子の各々の信号光入力口に入力する信号導波路と、1つの制御光をN個に分岐させ、分

岐した  $i$  番目 ( $i$  は 1 以上  $N$  以下の整数) の制御光を、 $i$  番目の前記ドロップ素子の制御光入力口に入力する制御導波路とを有し、 $i$  番目のドロップ素子に入力される制御光が、 $i$  番目のドロップ素子に入力される信号光の  $i$  番目のチャンネルに同期するように、前記信号導波路と制御導波路が制御光及び信号光の一方を他方に対して遅延させ、前記複数のドロップ素子の各々が、上述の光信号処理装置と同様の構成である光デマルチプレクサが提供される。

## 【 0 0 3 2 】

本発明の他の観点によると、第 1 段目から第  $N$  段目までの  $N$  個 ( $N$  は 2 以上の整数) のドロップ素子であって、該ドロップ素子の各々が、制御光が入力される制御光入力口、信号光が入力される信号光入力口、制御光の入力に同期して信号光が出力されるドロップ信号出力口、及び少なくとも該ドロップ信号出力口に信号光が出力されていない期間に信号光を出力するスルー信号出力口を有するドロップ素子と、時分割多重された信号光を、第 1 段目のドロップ素子の信号光入力口に入力する第 1 の光導波路と、各ドロップ素子のスルー信号出力口を、次段のドロップ素子の信号光入力口に接続する第 2 の光導波路と、1 つの制御光を分岐し、分岐された複数の制御光の各々を、対応する前記ドロップ素子に、後段になるほど一定の時間ずつ徐々に遅らせて到達させる制御導波路とを有し、前記複数のドロップ素子の各々が、上述の光信号処理装置と同様の構成である光デマルチプレクサが提供される。

## 【 0 0 3 3 】

本発明の他の観点によると、複数のチャンネルを有する時分割多重された光信号を、第 1 の光信号と第 2 の光信号とに分岐する工程と、前記第 2 の信号光を前記第 1 の信号光よりも 1 チャンネル分の時間だけ遅延させて、該第 1 の信号光及び第 2 の信号光を非線型導波路に導入する工程と、第 1 の時刻に前記非線型導波路の屈折率を変化させ、該第 1 の時刻以降に該非線型導波路を通過するチャンネルの光信号の位相を変化させる工程と、前記非線型導波路から出力された第 1 の信号光及び第 2 の信号光を、前記第 1 の信号光を前記第 2 の信号光よりも 1 チャンネル分の時間だけ遅延させて、干渉分離器に導入する工程と、前記第 1 の信号光と第 2 の信号光の対応するチャンネルのうち、信号光の位相が相互にずれているチャンネル

の信号光を分離する工程とを有する光信号処理方法が提供される。

#### 【 0 0 3 4 】

本発明の他の観点によると、第 1 の波長の連続光を、第 1 の連続光と第 2 の連続光とに分岐する工程と、前記第 1 の連続光と第 2 の連続光とを、非線型導波路に導入する工程と、第 1 の時刻に、前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長の制御光パルスを実記非線型導波路に導入して該非線型導波路の屈折率を変化させ、該第 1 の時刻以降に該非線型導波路を通過する第 1 の連続光及び第 2 の連続光の位相を変化させる工程と、前記非線型導波路から出力された第 1 の連続光及び第 2 の連続光を、前記第 1 の連続光を前記第 2 の連続光よりも第 1 の遅延時間だけ遅延させて、干渉分離器に導入する工程と、前記第 1 の連続光と第 2 の連続光のうち、位相が相互に位相がずれている期間のみ、前記第 1 の波長の光信号を出力する工程とを有する波長変換方法が提供される。

#### 【 0 0 3 5 】

##### 【発明の実施の形態】

図 1 を参照して、本発明の第 1 の実施例による光信号処理装置の構成及び動作原理について説明する。

#### 【 0 0 3 6 】

図 1 (A) は、第 1 の実施例による光信号処理装置の概略図を示す。波長  $\lambda_1$  の信号光が入力される光導波路 1 が、分岐点 A において、2 本の光導波路 2 及び 3 に分岐される。光導波路 2 は、位相調整器 5 を介して光路重畳分離器 10 の第 1 の入力点  $10i_1$  に接続されている。第 1 の入力点  $10i_1$  の直前の点を通過点 B1 とする。波長  $\lambda_2$  の制御光が入力される光導波路 4 が、光導波路 3 に合流する。光導波路 3 は、光導波路 4 と合流した後、光路重畳分離器 10 の第 2 の入力点  $10i_2$  に接続されている。第 2 の入力点  $10i_2$  の直前の点を通過点 B2 とする。

#### 【 0 0 3 7 】

光導波路 3 の光路長は、光導波路 2 の光路長よりも長い。このため、光導波路 3 を伝搬する信号光は、光導波路 2 を伝搬する信号光よりも遅れて光路重畳分離器 10 に到達する。

## 【0038】

光路重畳分離器10は、第1の入力点 $10i_1$ から入力された光の光路と、第2の入力点 $10i_2$ から入力された光の光路とを一旦重畳し、その後分離する。2つの光が重畳される部分には、非線型導波路が配置されている。光路重畳分離器10の第1の入力点 $10i_1$ から入力された光は、第1の出力点 $10o_1$ から出力され、第2の入力点 $10i_2$ から入力された光は、第2の出力点 $10o_2$ から出力される。第1の出力点 $10o_1$ に、光導波路21が接続されている。光導波路21は、干渉分離器24の第1の入力点 $24i_1$ に接続されている。第1の出力点 $10o_1$ の直後の点を、通過点C1とし、第1の入力点 $24i_1$ の直前の点を通過点D1とする。第2の出力点 $10o_2$ に、光導波路22が接続されている。光導波路22は、位相調整器23を介して干渉分離器24の第2の入力点 $24i_2$ に接続されている。第2の出力点 $10o_2$ の直後の点を、通過点C2とし、第2の入力点 $24i_2$ の直前の点を通過点D2とする。なお、干渉分離器24として、方向性結合器や、2入力2出力のマルチモード干渉計(MMI)を用いることができる。

## 【0039】

光導波路21の光路長は、光導波路22の光路長よりも長い。光導波路3と光導波路2との光路長の差が、光導波路21と光導波路22との光路長の差とほぼ等しい。このため、光導波路3を伝搬して遅延した信号光の遅れが、干渉分離器24に入力される時点で取り戻される。すなわち、分岐点Aで光導波路2と3とに分岐された信号光が、干渉分離器24に、ほぼ同時に到達する。

## 【0040】

干渉分離器24の第1の出力点 $24o_1$ に光導波路25が接続され、第2の出力点 $24o_2$ に光導波路26が接続されている。第1の出力点 $24o_1$ 及び第2の出力点 $24o_2$ の直後の点を、それぞれ通過点E1及びE2とする。

## 【0041】

光導波路26に、光検出器27が挿入されている。光検出器27は、光導波路26を伝搬する信号光の強度を測定し、測定結果を制御装置29に送信する。制御装置29は、光検出器27の測定結果に基づいて、位相調整器5及び23を制

御する。位相調整器 5 及び 2 3 は、制御装置 2 9 の制御を受け、伝搬する信号光の遅延時間を変化させる。位相調整器 5 及び 2 3 は、例えば外部から印加される電圧によって屈折率を変化させる半導体増幅器によって構成される。

## 【 0 0 4 2 】

図 1 (B) は、図 1 (A) に示した光信号処理装置の導波路の種々の点における信号光の波形を示す。信号光の波長は、例えば  $1.55 \mu\text{m}$  である。各波形に付された符号は、図 1 (A) に示した光導波路の通過点の符号に対応する。光導波路 1 に入力され分岐点 A に到達する信号光は、4 つの信号が時分割多重された信号であり、通信チャネル # 1 ~ # 4 の 4 つのチャネルを有する。なお、多重化の次数は 4 に限らず、他の次数の場合でも同様の動作原理によりスイッチングが行われる。

## 【 0 0 4 3 】

通過点 B 2 に到達した信号光は、通過点 B 1 に到達した信号光よりも長い光路を通過している。この光路長の差は、ちょうど 1 チャネル分の時間差に相当する。このため、通過点 B 2 を通過する信号光のチャネル # 1 が、通過点 B 1 を通過する信号光のチャネル # 2 と同時に光路重畳分離器 1 0 に入力される。また、通過点 B 2 を通過する信号光のチャネル # 1 とチャネル # 2 との間に、制御光のパルス  $c o n$  が存在する。制御光の波長は、例えば  $1.3 \mu\text{m}$  または  $1.48 \mu\text{m}$  である。

## 【 0 0 4 4 】

第 1 の入力点  $1 0 i_1$  から入力された信号光と第 2 の入力点  $1 0 i_2$  から入力された信号光とが、光路重畳分離器 1 0 内の非線型導波路で重畳される。制御光のパルスが非線型導波路に導入されると、非線型導波路の屈折率が変化する。屈折率の変化は、信号光のパルスの繰り返し周期に比べて十分長い時定数で緩和する。このため、制御光のパルスが非線型導波路に導入された時点以降に非線型導波路に到達する信号光は、その位相を約  $\pi$  だけ変化させる。

## 【 0 0 4 5 】

光路重畳分離器 1 0 内で、一旦重畳された 2 つの信号光は、その後分離され、第 1 の入力点  $1 0 i_1$  及び第 2 の入力点  $1 0 i_2$  から入力された信号光が、それぞ

れ第1の出力点 $10o_1$ 及び第2の出力点 $10o_2$ から出力される。通過点C1を通過する信号光のチャンネル#3及び#4のパルスの位相が変化している。また、通過点C2を通過する信号光のチャンネル#2～#4のパルスの位相が変化している。図1(B)では、位相の変化したパルスに斜線が付されている。この時点で、通過点C1を通過する信号光のチャンネル#2のパルスと、通過点C2を通過する信号光のチャンネル#1のパルスとの時間軸上の位置が一致している。

## 【0046】

通過点C1からD1までの光路長が、通過点C2からD2までの光路長よりも長い。この光路長差は、1チャンネル分に相当する。このため、通過点D1及びD2においては、両通過点を通過する信号光の同一チャンネルのパルス同士が、時間軸上で一致する。チャンネル#1、#3、及び#4の各々のパルス同士は同相となり、チャンネル#2のパルスは、相互に逆相になる。

## 【0047】

干渉分離器24は、相互に同相のパルスを第1の出力点 $24o_1$ から出力し、相互に逆相のパルスを第2の出力点 $24o_2$ から出力する。このため、チャンネル#1、#3、及び#4のパルスが、光導波路25に導入され、チャンネル#2のパルスのみが、光導波路26に導入される。このようにして、時分割多重された信号から、チャンネル#2の信号のみを分離することができる。制御光パルスを印加する時刻を変えることにより、所望のチャンネルの信号を分離することができる。

## 【0048】

所望のチャンネルの信号のみを、光導波路26に出力する動作をプッシュ動作と呼び、次のチャンネルの信号を光導波路25に戻す動作をプル動作と呼ぶ。上記実施例では、プッシュ動作のための制御光のパルスを印加すれば、プル動作のためのパルスを印加することなく、自動的にプル動作が行われる。

## 【0049】

光導波路26を伝搬する信号光の強度が、光検出器27で測定される。制御装置29が、測定結果に基づいて、位相調整器5及び23を制御する。光導波路2を伝搬する信号光に対する、光導波路3を伝搬する信号光の遅延時間が、設計値からずれている場合、位相調整器5で遅延時間を調節することにより、遅延時間

を設計値に近づけることができる。位相調整器 2 3 の機能も同様である。

【 0 0 5 0 】

また、光導波路 2 6 に取り出された光信号の強度が最大になるように、位相調整器 5 及び 2 3 を制御することにより、光信号処理装置の効率を高めることができる。

【 0 0 5 1 】

次に、図 2 及び 3 を参照して、図 1 に示した光路重畳分離器 1 0 の具体的な構成例について説明する。

【 0 0 5 2 】

図 2 (A) は、第 1 の構成例による光路重畳分離器 1 0 の概略平面図を示す。半導体基板上に、平面形状が正方形または長方形の非線型導波路 1 0 a が形成されている。非線型導波路 1 0 a は、半導体光増幅器で構成される。非線型導波路 1 0 a の一つの辺に、光導波路 2 が接続され、その辺に隣り合う辺に、光導波路 3 が接続されている。光導波路 2 が接続された辺に対向する辺に、光導波路 2 1 が接続され、光導波路 3 が接続された辺に対向する辺に、光導波路 2 2 が接続されている。各光導波路の光の伝搬方向は、当該光導波路が接続された辺に対して垂直である。

【 0 0 5 3 】

光導波路 2 から非線型導波路 1 0 a 内に入射した信号光の光路が、光導波路 3 から非線型導波路 1 0 a 内に入射した信号光及び制御光の光路と直交した後、各信号光及び制御光は、そのまま直進する。光導波路 2 から非線型導波路 1 0 a 内に入射した信号光は、光導波路 2 1 に入射し、光導波路 3 から非線型導波路 1 0 a 内に入射した信号光及び制御光は、光導波路 2 2 に入射する。このように、2 つの光路が 9 0 ° で交差することにより、2 つの光路に沿って伝搬する信号光のクロストークを防止することができる。

【 0 0 5 4 】

光導波路 3 から制御光パルスが入射すると、2 つの光路の交差箇所の屈折率が変化する。この屈折率の変化は、光導波路 2 及び 3 から非線型導波路 1 0 a 内に入射する 2 つの信号光に影響を及ぼす。このため、制御光パルスが入射した後に



非線型導波路 1 0 a を通過する信号光の位相が変化する。

【 0 0 5 5 】

図 2 ( B ) は、第 2 の構成例による光路重畳分離器 1 0 の概略平面図を示す。半導体基板の表面上に、平面形状が長方形のマルチモード干渉計 1 0 b が形成されている。マルチモード干渉計 1 0 b の 1 つの辺に、光導波路 2 及び 3 が接続され、対向する辺に、光導波路 2 1 及び 2 2 が接続されている。

【 0 0 5 6 】

光導波路 2 及び 3 からマルチモード干渉計 1 0 b 内に入力された信号光は、それぞれマルチモード干渉計 1 0 b の特性に基づく光路に沿って伝搬し、光導波路 2 1 及び 2 2 に導入される。図 2 ( B ) では、マルチモード干渉計 1 0 b のほぼ中央で 2 つの信号光の光路が重なる場合を示している。

【 0 0 5 7 】

2 つの信号光の光路の重なる部分に、非線型導波路 1 0 c が配置されている。非線型導波路 1 0 c は、例えば半導体光増幅器で構成される。光導波路 3 からマルチモード干渉計 1 0 b 内に入力された制御光も、非線型導波路 1 0 c を通過する。制御光が非線型導波路 1 0 c に導入されると、非線型導波路 1 0 c の屈折率に変化し、2 つの信号光がその影響を受ける。このため、制御光パルスが入射した後に非線型導波路 1 0 c を通過する信号光の位相が変化する。

【 0 0 5 8 】

図 3 ( A ) は、第 3 の構成例による光路重畳分離器 1 0 の概略平面図を示す。光路重畳分離器 1 0 は、前段のマルチモード干渉計 1 0 A、後段のマルチモード干渉計 1 0 B、2 つの非線型導波路 1 0 C 及び 1 0 D を含んで構成される。マルチモード干渉計 1 0 A 及び 1 0 B の各々は、誘電率 3. 2 5 のコア層の上下を、誘電率 3. 1 8 のクラッド層で挟んだ構造を有する。コア層は、光の入射方向に長い長形状を有し、幅 W が  $15\ \mu\text{m}$ 、長さ L が  $320\ \mu\text{m}$  である。

【 0 0 5 9 】

前段のマルチモード干渉計 1 0 A の入力側の辺に、光導波路 2 及び 3 が接続されている。後段のマルチモード干渉計 1 0 B の出力側の辺に、光導波路 2 1 及び 2 2 が接続されている。前段のマルチモード干渉計 1 0 A の出力側の辺と後段の

マルチモード干渉計の入力側の辺とを、2本の非線型導波路10C及び10Dが接続している。非線型導波路10C及び10Dは、半導体光増幅器で構成され、その幅は $2.5\mu\text{m}$ 、長さは $140\mu\text{m}$ である。なお、通過する光の位相変調を十分行うために、 $140\mu\text{m}$ より長くしてもよい。

## 【0060】

図3(B)及び図3(C)に、図3(A)に示した光路重畳分岐器10内を通過する信号光の伝搬の様子をシミュレーションした結果を示す。図中の白い領域が、光強度の強い部分を示している。図3(B)に示すように、光導波路2から入力された光は、非線型導波路10C及び10Dの両方を通過し、光導波路21にのみ出射される。図3(C)に示すように、光導波路3から入力された光は、非線型導波路10C及び10Dの両方を通過し、光導波路22にのみ出射される。このように、2つの信号光の光路は、非線型導波路10C及び10Dにおいて、一旦重ね合わされる。その後、2つの光路が分離され、対応する出力側の光導波路にのみ出射される。

## 【0061】

光導波路3から入力された制御光も、2つの非線型導波路10C及び10Dを通過する。制御光パルスの入射によって、非線型導波路10C及び10Dの屈折率が変化し、光導波路2及び3から入力された2つの信号光にその影響が及ぶ。

## 【0062】

なお、前段のマルチモード干渉計10Aと後段のマルチモード干渉計10Bとを接続する導波路は少なくとも2本必要であり、少なくとも1本が非線型導波路であればよい。

## 【0063】

図4に、上述の各構成例で使用される半導体光増幅器の概略斜視図を示す。光増幅のための利得を有する活性層200を、p型半導体層201とn型半導体層202とで挟んだ構造とされている。活性層200は、両側の半導体層201及び202よりもバンドギャップの小さな半導体材料で形成された半導体層、または量子井戸層で構成される。活性層200は、例えばInGaAsPで形成され、両側の半導体層201及び202は、InPで形成される。半導体光増幅器は

、図 3 (A) に示したマルチモード干渉計 1 0 A、1 0 B や、光導波路 2、3、2 1、2 2 と同一の半導体基板上に形成することができる。

## 【 0 0 6 4 】

活性層 2 0 0 に制御光 2 0 4 が入射すると、活性層 2 0 0 内のキャリア分布が反転分布状態になり、活性層 2 0 0 の屈折率が変化する。活性層 2 0 0 の 1 つの端面から活性層 2 0 0 内に光信号 2 0 3 が入射すると、光信号が位相変調を受け、反対側の端面から出射する。このように、半導体光増幅器で構成された非線型導波路に制御光を入射することにより、屈折率変化を生じさせることができる。

## 【 0 0 6 5 】

次に、図 5 を参照して、本発明の第 2 の実施例による光信号処理装置について説明する。第 2 の実施例による光信号処理装置においては、図 1 (A) に示した第 1 の実施例による光信号処理装置の合波及び分波が、すべてマルチモード干渉計で行われる。

## 【 0 0 6 6 】

図 5 (A) は、第 2 の実施例による光信号処理装置の概略図を示す。図 5 (A) の各光導波路には、図 1 (A) に示した光信号処理装置の対応する光導波路に付された符号と同一の符号が付されている。分岐用マルチモード干渉計 3 0 の入力点に光導波路 1 が接続され、2 つの出力点にそれぞれ光導波路 2 及び 3 が接続されている。光導波路 1 を伝搬する信号光は、分岐用マルチモード干渉計 3 0 により 2 分岐され、光導波路 2 及び 3 にほぼ均等に導入される。

## 【 0 0 6 7 】

光導波路 3 の途中に、合流用マルチモード干渉計 3 1 が挿入されている。合流用マルチモード干渉計 3 1 の 2 つの入力点のうち一方、及び出力点に、光導波路 3 が接続されている。合流用マルチモード干渉計 3 1 の他方の入力点に光導波路 4 が接続されている。光導波路 3 から合流用マルチモード干渉計 3 1 に入射する信号光、及び光導波路 4 からマルチモード干渉計 3 1 に入射する制御光が、共に出力点から出力され、光導波路 3 に導入される。

## 【 0 0 6 8 】

光路重畳分離器 1 0 は、図 3 (A) に示した第 3 の構成例によるものと同一で

ある。図 1 (A) に示した分離干渉計 2 4 として、2 入力 2 出力のマルチモード干渉計 2 4 が用いられている。

## 【 0 0 6 9 】

第 2 の実施例による光信号処理装置においては、すべての光導波路、マルチモード干渉計、半導体光増幅器等の光素子を 1 枚の半導体基板上に形成することができる。第 2 の実施例による光信号処理装置の動作原理は、図 1 に示した第 1 の実施例による光信号処理装置の動作原理と同様であるため、ここでは説明を省略する。

## 【 0 0 7 0 】

図 5 (B) に、図 5 (A) の光信号処理装置の内部光回路をブラックボックスとした光信号処理装置 7 0 のブロック図を示す。光信号処理装置 7 0 は、制御光パルス *con* が入力される制御光入力口 7 0 C、信号光 *sig* が入力される信号光入力口 7 0 S、2 つの出力口 7 0 T 及び 7 0 D を有する。制御光入力口 7 0 C は、図 5 (A) の合流用マルチモード干渉計 3 1 の入力点のうち、光導波路 4 に接続された入力点に相当し、制御光入力口 7 0 C は、図 5 (A) の分岐用マルチモード干渉計 3 0 の入力点のうち光導波路 1 が接続された入力点に相当する。また、出力口 7 0 T 及び 7 0 D は、それぞれ図 5 (A) のマルチモード干渉計 2 4 の出力点のうち、光導波路 2 5 が接続された出力点及び光導波路 2 7 が接続された出力点に相当する。

## 【 0 0 7 1 】

制御光入力口 7 0 C から制御光パルス *con* が入力されると、ある期間だけ出力口 7 0 D から信号光 *sig* が出力されるため、出力口 7 0 D をドロップ信号出力口と呼ぶ。また、他方の出力口 7 0 T を、スルー信号出力口と呼ぶ。本明細書において、光信号処理装置 7 0 をドロップ素子と呼ぶ。

## 【 0 0 7 2 】

図 6 に、第 3 の実施例による光デマルチプレクサの概略平面図を示す。第 3 の実施例による光デマルチプレクサは、4 つのドロップ素子 7 0 (1) ~ 7 9 (4)、4 つの光電気変換素子 7 5 (1) ~ 7 5 (4)、信号光導波路 7 2、制御光導波路 7 1 を含んで構成される。ドロップ素子 7 0 (1) ~ 7 0 (4) の各々は

、図 5 (B) に示した第 2 の実施例によるドロップ素子 7 0 と同一のものである。

#### 【 0 0 7 3 】

多重度 4 に時分割多重され、チャネル # 1 ~ # 4 のパルスを含む信号光  $s i g$  が、信号光導波路 7 2 で 4 つの信号光に分岐される。分岐された信号光  $s i g$  が、それぞれドロップ素子 7 0 (1) ~ 7 0 (4) の信号光入力口に入力される。

#### 【 0 0 7 4 】

制御光パルス  $c o n$  が、制御光導波路 7 1 により 4 つの制御光パルス  $c o n_1$  ~  $c o n_4$  に分岐される。分岐された制御光パルス  $c o n_1$  ~  $c o n_4$  が、それぞれドロップ素子 7 0 (1) ~ 7 0 (4) の制御光入力口に入力される。4 つの制御光パルス  $c o n_1$  から  $c o n_4$  は、一定の時間ずつ徐々に遅れて、対応するドロップ素子 7 0 (1) ~ 7 0 (4) に到達する。より具体的には、ドロップ素子 7 0 (i) に信号光  $s i g$  のチャネル # i のパルスが到達する時刻に、制御光パルス  $c o n_i$  が、ドロップ素子 7 0 (i) に到達する。これにより、プル制御が行われる。また、チャネル # (i + 1) のパルスが到達するまでに、プッシュ制御が完了する。

#### 【 0 0 7 5 】

このため、ドロップ素子 7 0 (i) のドロップ信号出力口から、チャネル # i のパルスのみが出力される。このようにして、時分割多重された信号光  $s i g$  を分離し、チャネルごとの信号を得ることができる。例えば、160Gb/s の信号光から、40Gb/s の 4 つの信号光を得ることができる。チャネル # i の信号光は、光電気変換素子 7 5 (i) に入力され、電気信号に変換される。

#### 【 0 0 7 6 】

図 7 に、本発明の第 4 の実施例による光デマルチプレクサの概略平面図を示す。第 3 の実施例では、4 つのドロップ素子が並列に接続されていたが、第 4 の実施例では、4 つのドロップ素子 7 0 (1) ~ 7 0 (4) が縦続接続されている。すなわち、ドロップ素子 7 0 (i) のスルー信号出力口が、次段のドロップ素子 7 0 (i + 1) の信号光入力口に接続されている。光電気変換素子 7 5 (1) ~ 7 5 (4) が、それぞれドロップ素子 7 0 (1) ~ 7 0 (4) のドロップ信号出

力口に接続されている。

【0077】

多重度4に時分割多重された信号光  $s i g$  が、第1段目のドロップ素子70 (1) の信号光入力口に入力される。制御光パルス  $c o n$  は、4つの制御光パルス  $c o n_1 \sim c o n_4$  に分岐される。分岐された制御光パルス  $c o n_1 \sim c o n_4$  は、それぞれドロップ素子70 (1) ~ 70 (4) の制御光入力口に入力される。

【0078】

ドロップ素子70 (i) に信号光  $s i g$  のチャンネル# i のパルスが到達する時刻に、制御光パルス  $c o n_i$  が、ドロップ素子70 (i) に到達するように、制御光導波路80が、制御光パルス  $c o n_1 \sim c o n_4$  を所定時間だけ遅延させる。制御光パルス  $c o n_i$  が、ドロップ素子70 (i) に到達すると、ドロップ素子70 (i) でプル制御が行われる。また、チャンネル# (i + 1) のパルスが到達するまでに、プッシュ制御が完了する。

【0079】

このため、ドロップ素子70 (i) のドロップ信号出力口から、チャンネル# i のパルスのみが出力される。このようにして、時分割多重された信号光  $s i g$  を分離し、チャンネルごとの信号を得ることができる。チャンネル# i の信号光は、光電気変換素子75 (i) に入力され、電気信号に変換される。

【0080】

上記第3及び第4の実施例では、多重度4の信号光の分離を行う場合について説明したが、一般的に多重度Nの信号光の分離を行う場合には、並列接続または縦続接続するドロップ素子の数をN個にすればよい。

【0081】

また、上記第3及び第4の実施例では、1つの制御光パルスを分岐させ、分岐した複数の制御光の各々を、対応するドロップ素子に、一定の時間ずつ徐々に遅らせて到達させている。このため、時分割多重されたチャンネルごとに制御光パルスを発生させる必要がない。

【0082】

次に、上記第3の実施例と第4の実施例とを対比しつつ、両実施例の効果につ

いて説明する。

【0083】

第3の実施例では、信号光 *sig* が4等分されるため、各ドロップ素子70 (i) に入力される信号光 *sig* の強度は、当初の信号光 *sig* の強度の約1/4になる。これに対し、第4の実施例では、1つの信号光 *sig* が、4つのドロップ素子70 (1) ~ 70 (4) を順番に通過するため、信号強度の低下がほとんどない。このため、第4の実施例では、分離された各チャネルの信号光の強度を高く維持することができる。

【0084】

第4の実施例では、信号光 *sig* がドロップ素子70 (i) を通過する度に、信号純度が低下する。具体的には、信号波形が崩れたり、雑音が混入したり、ジッタが発生したりする。これに対し、第3の実施例では、信号純度の低下がほとんど生じない。

【0085】

第3の実施例では、制御光導波路71と信号光導波路72とが交差する。このため、導波路設計に注意が必要である。

【0086】

次に、図8を参照して、本発明の第5の実施例による波長変換装置の構成及び動作原理について説明する。

【0087】

図8 (A) に、第5の実施例による波長変換装置の概略図を示す。波長変換装置は、図1 (A) に示した第1の実施例による光信号処理装置とほぼ同様の構成を有する。図5 (A) の各構成部分に、図1 (A) の光信号処理装置の対応する構成部分に付された符号と同一の符号が付されている。

【0088】

第1の実施例では、光導波路2及び3の光路長に差を設けていたが、第5の実施例の場合には、両者の光路長に差を設ける必要はない。図8 (A) では、光検出器27、制御装置29、位相調整器5及び23が配置されていないが、第1の実施例の場合と同様にこれらを配置してもよい。

## 【 0 0 8 9 】

図 8 ( B ) に、図 8 ( A ) に示した第 5 の実施例による波長変換装置の信号光の各通過点の波形を示す。光導波路 1 に波長  $\lambda_2$  の連続光が入力される。光導波路 4 に、波長  $\lambda_1$  のパルス光が入力される。パルス光が光路重畳分離器 1 0 に入射された時刻  $t_0$  よりも後に光路重畳分離器 1 0 を通過する連続光は、その位相が変化する。このため、通過点 C 1 及び C 2 においては、時刻  $t_0$  以降の連続光の位相が変化している。連続光のうち位相の変化した部分に、斜線が付されている。

## 【 0 0 9 0 】

光導波路 2 1 を通過する連続光は、光導波路 2 2 を通過する連続光よりも遅延する。この遅延時間を  $t_1 - t_0$  とする。通過点 D 2 においては、時刻  $t_0$  以降の成分の位相が変化している。なお、光導波路 2 2 を伝搬する信号光の伝搬時間を 0 と仮定している。通過点 D 1 においては、時刻  $t_1$  以降の成分の位相が変化している。

## 【 0 0 9 1 】

分離干渉計 2 4 は、入力される 2 つの連続光の位相が揃っている期間には、信号光を光導波路 2 5 に出力し、位相のずれている期間には、信号光を光導波路 2 6 に出力する。このため、時刻  $t_0$  と  $t_1$  との間にのみ、光導波路 2 6 に波長  $\lambda_2$  の信号光が出力される。すなわち、波長  $\lambda_1$  のパルス光が、波長  $\lambda_2$  のパルス光に変換されたことになる。

## 【 0 0 9 2 】

上記第 1 ～ 第 5 の実施例による光信号処理装置、光デマルチプレクサ及び波長変換装置は、複数の光学素子を 1 枚の半導体基板上に、モノリシックに形成することができる。このため、装置の小型化を図ることが可能になる。なお、必ずしもモノリシック構造とする必要はなく、導波路として、光ファイバや光学結晶を用いることも可能である。非線型導波路の材料として、 $\text{LiNbO}_3$  等の非線型光学材料を用いることも可能である。

## 【 0 0 9 3 】

また、上記第 1 ～ 第 5 の実施例による光スイッチや光デマルチプレクサの動作



は、信号光の偏光状態に依存しないため、光ファイバから出力された信号光を処理することができる。

【 0 0 9 4 】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【 0 0 9 5 】

上記実施例から、下記の付記に記載した発明が導出される。

(付記 1) 2つの信号光が入力され該2つの信号光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該2つの信号光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、外部からの励起によって屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、

信号光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に信号光を入力する第1の光導波路と、

信号光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に信号光を入力し、入力端から該光路重畳分離器までの光路長が、前記第1の光導波路の入力端から該光路重畳分離器までの光路長よりも長い第2の光導波路と、

前記非線型導波路に制御光を導入する制御光導入光学系と、

2つの信号光が入力され、該2つの信号光の位相差により、信号光を振り分ける干渉分離器と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の信号光を該干渉分離器に導入する第3の光導波路と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の信号光を該干渉分離器に導入し、前記第3の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第4の光導波路であって、前記第1の光導波路を伝搬した信号光に対して、前記第2の光導波路を伝搬した信号光が遅延した遅延時間が、前記干渉分離器に到達する時点で回復されるように光路長が設定された該第4の光導波路と

を有する光信号処理装置。

(付記 2) 前記制御光導入光学系が、前記第 1 の光導波路及び第 2 の光導波路のうち一方に合流する制御光入力用導波路を含む付記 1 に記載の光信号処理装置

(付記 3) さらに、前記第 1 の光導波路及び第 2 の光導波路の少なくとも一方に、伝搬する光を遅延させ、外部からの制御信号によって遅延量を調節可能な第 1 の位相調整器が挿入されている付記 1 または 2 に記載の光信号処理装置。

(付記 4) さらに、前記第 3 の光導波路及び第 4 の光導波路の少なくとも一方に、伝搬する光を遅延させ、外部からの制御信号によって遅延量を調節可能な第 2 の位相調整器が挿入されている付記 1 乃至 3 のいずれかに記載の光信号処理装置。

(付記 5) 前記光路重畳分離装置が、平面導波路を有する半導体光増幅器を含み、入力された 2 つの信号光の光路が、該平面導波路内で直交するように 2 つの光路が選択されている付記 1 乃至 4 のいずれかに記載の光信号処理装置。

(付記 6) 前記光路重畳分離器が、2 入力 2 出力のマルチモード干渉計を含み、一方の入力点から入力された信号光が一方の出力点から出力され、他方の入力点から入力された信号光が他方の出力点から出力され、2 つの入力点からそれぞれ入力された 2 つの信号光が、該マルチモード干渉計内で重なり、重なり部分に、非線型導波路が配置されている付記 1 乃至 4 のいずれかに記載の光信号処理装置。

(付記 7) 前記光路重畳分離器が、

少なくとも 2 つの入力点と少なくとも 2 つの出力点とを有する第 1 のマルチモード干渉計と、

前記第 1 のマルチモード干渉計の出力点に対応する入力点と、少なくとも 2 つの出力点とを有する第 2 のマルチモード干渉計と、

前記第 1 のマルチモード干渉計の出力点と前記第 2 のマルチモード干渉計の対応する入力点とを接続し、少なくとも一つが非線型導波路である複数の導波路とを有し、前記第 1 のマルチモード干渉計の一方の入力点から入力された信号光が、前記複数の導波路を通過して前記第 2 のマルチモード干渉計の一方の出力点か

ら出力され、前記第 1 のマルチモード干渉計の他方の入力点から入力された信号光が、前記複数の導波路を通過して前記第 2 のマルチモード干渉計の他方の出力点から出力されるように構成されている付記 1 乃至 4 のいずれかに記載の光信号処理装置。

(付記 8) 前記非線型導波路が、半導体光増幅器で構成されている付記 7 に記載の光信号処理装置。

(付記 9) さらに、入力点から入力された信号光が、2 つの出力点からほぼ均等に出力されるように構成され、一方の出力点の前記第 1 の光導波路の入力端に接続され、他方の出力点の前記第 2 の光導波路の入力端に接続されている分岐用マルチモード干渉計を有する付記 1 乃至 8 のいずれかに記載の光信号処理装置。

(付記 1 0) 前記制御光導入光学系が、前記第 1 の光導波路及び第 2 の光導波路の一方の光導波路の途中に挿入された合流用マルチモード干渉計を有し、該合流用マルチモード干渉計が、少なくとも 2 つの入力点と 1 つの出力点とを有し、一方の入力点と出力点とが、前記一方の光導波路に接続され、他方の入力点から制御光が入力され、一方の入力点から入力された信号光及び他方の入力点から入力された制御光が、出力点から出力されるように構成された合流用マルチモード干渉計を有する付記 1 乃至 9 のいずれかに記載の光信号処理装置。

(付記 1 1) 前記干渉分離器が、2 入力 2 出力の分離用マルチモード干渉計を有し、一方の入力点の前記第 3 の光導波路に接続され、他方の入力点の前記第 4 の光導波路に接続され、2 つの入力点から入力された信号光が同相であれば一方の出力点から信号光を出力し、逆相であれば他方の出力点から信号光を出力するように構成された前記分離用マルチモード干渉計を有する付記 1 乃至 1 0 のいずれかに記載の光信号処理装置。

(付記 1 2) 第 1 の波長の 2 つの連続光が入力され該 2 つの連続光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該 2 つの連続光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、第 2 の波長の制御光パルスを導入することによって非線型屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、

連続光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に連続光を入力する第 1 の光導波路と、

連続光の入力端を有し、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、該光路重畳分離器に連続光を入力する第2の光導波路と、

前記非線型導波路に前記制御光パルスを導入する制御光導入光学系と、

2つの連続光が入力され、該2つの連続光の位相差がある条件を満たす期間のみ、第1の波長の光を出力する干渉分離器と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の連続光を該干渉分離器に導入する第3の光導波路と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の連続光を該干渉分離器に導入し、前記第3の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第4の光導波路と

を有する波長変換装置。

(付記13) 前記制御光導入光学系が、前記第1の光導波路及び第2の光導波路のうち一方に合流する制御光入力用導波路を含む付記12に記載の波長変換装置。

(付記14) 前記光路重畳分離装置が、平面導波路を有する半導体光増幅器を含み、入力された2つの連続光の光路が、該平面導波路内で直交するように2つの光路が選択されている付記12または13に記載の光信号処理装置。

(付記15) 前記光路重畳分離器が、2入力2出力のマルチモード干渉計を含み、一方の入力点から入力された連続光が一方の出力点から出力され、他方の入力点から入力された連続光が他方の出力点から出力され、2つの入力点からそれぞれ入力された2つの連続光が、該マルチモード干渉計内で重なり、重なり部分に、非線型導波路が配置されている付記12または13に記載の波長変換装置。

(付記16) 前記光路重畳分離器が、

少なくとも2つの入力点と少なくとも2つの出力点とを有する第1のマルチモード干渉計と、

前記第1のマルチモード干渉計の出力点に対応する入力点と、少なくとも2つの出力点とを有する第2のマルチモード干渉計と、

前記第1のマルチモード干渉計の出力点と前記第2のマルチモード干渉計の対応する入力点とを接続し、少なくとも一つが非線型導波路である複数の導波路と

を有し、前記第1のマルチモード干渉計の一方の入力点から入力された連続光が、前記複数の導波路を通過して前記第2のマルチモード干渉計の一方の出力点から出力され、前記第1のマルチモード干渉計の他方の入力点から入力された連続光が、前記複数の導波路を通過して前記第2のマルチモード干渉計の他方の出力点から出力されるように構成されている付記12または13に記載の波長変換装置。

(付記17) 前記非線型導波路が、半導体光増幅器で構成されている付記16に記載の波長変換装置。

(付記18) さらに、入力点から入力された連続光が、2つの出力点からほぼ均等に出力されるように構成され、一方の出力点の前記第1の光導波路の入力端に接続され、他方の出力点の前記第2の光導波路の入力端に接続されている分岐用マルチモード干渉計を有する付記12乃至17のいずれかに記載の波長変換装置。

(付記19) 前記制御光導入光学系が、前記第1の光導波路及び第2の光導波路の一方の光導波路の途中に挿入された合流用マルチモード干渉計を有し、該合流用マルチモード干渉計が、少なくとも2つの入力点と1つの出力点とを有し、一方の入力点と出力点とが、前記一方の光導波路に接続され、他方の入力点から制御光パルスが入力され、一方の入力点から入力された連続光及び他方の入力点から入力された制御光パルスが、出力点から出力されるように構成された合流用マルチモード干渉計を有する付記12乃至18のいずれかに記載の波長変換装置。

(付記20) 前記干渉分離器が、少なくとも2入力1出力の分離用マルチモード干渉計を有し、一方の入力点の前記第3の光導波路に接続され、他方の入力点の前記第4の光導波路に接続され、2つの入力点から入力された信号光が逆相であれば出力点から信号光を出力するように構成された前記分離用マルチモード干渉計を有する付記12至19のいずれかに記載の光信号処理装置。

(付記21) 複数のドロップ素子であって、該ドロップ素子の各々が、制御光が入力される制御光入力口、信号光が入力される信号光入力口、及びドロップ信号出力口を有するドロップ素子と、

・ 時分割多重された信号光を分岐させ、分岐された複数の信号光を、それぞれ前記ドロップ素子の信号光入力口に入力する信号導波路と、

1つの制御光を分岐させ、分岐した複数の制御光の各々を、対応する前記ドロップ素子に、一定の時間ずつ徐々に遅らせて到達させる制御導波路と

を有し、

前記複数のドロップ素子の各々が、

前記信号光入力口から入力された信号光を分岐させる分岐光学素子と、

2つの信号光が入力され該2つの信号光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該2つの信号光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、外部からの励起によって屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された一方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続された第1の光導波路と

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された他方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、入力端から該光路重畳分離器までの光路長が、前記第1の光導波路の入力端から該光路重畳分離器までの光路長よりも長い第2の光導波路と、

前記制御光入力口から入力された制御光を、前記非線型導波路に導入する制御光導入光学系と、

2つの信号光が入力され、該2つの信号光の位相差がある特定の条件を満足している場合に、信号光を前記ドロップ信号出力口から出力する干涉分離器と、

前記光路重畳分離器と前記干涉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の信号光を該干涉分離器に導入する第3の光導波路と、

前記光路重畳分離器と前記干涉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の信号光を該干涉分離器に導入し、前記第3の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第4の光導波路であって、前記第1の光導波路を伝搬した信号光に対して、前記第2の光導波路を伝搬した信号光が遅延した遅延時間が、前記干涉分離器に到達する時点で回復されるように光路長が設定された該第4の

光導波路と

を有する光デマルチプレクサ。

(付記 2 2) N 個 (N は 2 以上の整数) のドロップ素子であって、該ドロップ素子の各々が、制御光が入力される制御光入力口、信号光が入力される信号光入力口、及びドロップ信号出力口を有するドロップ素子と、

多重度 N に時分割多重され、N 個のチャンネルを有する信号光を、前記ドロップ素子の各々の信号光入力口に入力する信号導波路と、

1 つの制御光を N 個に分岐させ、分岐した  $i$  番目 ( $i$  は 1 以上 N 以下の整数) の制御光を、 $i$  番目の前記ドロップ素子の制御光入力口に入力する制御導波路とを有し、 $i$  番目のドロップ素子に入力される制御光が、 $i$  番目のドロップ素子に入力される信号光の  $i$  番目のチャンネルに同期するように、前記信号導波路と制御導波路が制御光及び信号光の一方を他方に対して遅延させ、

前記複数のドロップ素子の各々が、

前記信号光入力口から入力された信号光を分岐する分岐光学素子と、

2 つの信号光が入力され該 2 つの信号光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該 2 つの信号光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、外部からの励起によって屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された一方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続された第 1 の光導波路と

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された他方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、入力端から該光路重畳分離器までの光路長が、前記第 1 の光導波路の入力端から該光路重畳分離器までの光路長よりも長い第 2 の光導波路と、

前記制御光入力口から入力された制御光を、前記非線型導波路に導入する制御光導入光学系と、

2 つの信号光が入力され、該 2 つの信号光の位相差がある特定の条件を満足している場合に、信号光を前記ドロップ信号出力口から出力する干渉分離器と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の信号光を該干渉分離器に導入する第 3 の光導波路と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の信号光を該干渉分離器に導入し、前記第 3 の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第 4 の光導波路であって、前記第 1 の光導波路を伝搬した信号光に対して、前記第 2 の光導波路を伝搬した信号光が遅延した遅延時間が、前記干渉分離器に到達する時点で回復されるように光路長が設定された該第 4 の光導波路と

を有する光デマルチプレクサ。

(付記 2 3) 第 1 段目から第 N 段目までの N 個 (N は 2 以上の整数) のドロップ素子であって、該ドロップ素子の各々が、制御光が入力される制御光入力口、信号光が入力される信号光入力口、制御光の入力に同期して信号光が出力されるドロップ信号出力口、及び少なくとも該ドロップ信号出力口に信号光が出力されていない期間に信号光を出力するスルー信号出力口を有するドロップ素子と、

時分割多重された信号光を、第 1 段目のドロップ素子の信号光入力口に入力する第 1 の光導波路と、

各ドロップ素子のスルー信号出力口を、次段のドロップ素子の信号光入力口に接続する第 2 の光導波路と、

1 つの制御光を分岐し、分岐された複数の制御光の各々を、対応する前記ドロップ素子に、後段になるほど一定の時間ずつ徐々に遅らせて到達させる制御導波路と

を有し、

前記複数のドロップ素子の各々が、

前記信号光入力口から入力された信号光を分岐する分岐光学素子と、

2 つの信号光が入力され該 2 つの信号光の光路を一旦重畳させ、その後分離し、該 2 つの信号光を別々に出力し、両者の光路の重畳された部分に、外部からの励起によって屈折率変化を生ずる非線型導波路が配置されている光路重畳分離器と、

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された一方の信号光が、該入



力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続された第 1 の光導波路と

信号光の入力端を有し、前記分岐光学素子で分岐された他方の信号光が、該入力端から入力され、出力端が前記光路重畳分離器に接続され、入力端から該光路重畳分離器までの光路長が、前記第 1 の光導波路の入力端から該光路重畳分離器までの光路長よりも長い第 2 の光導波路と、

前記制御光入力口から入力された制御光を、前記非線型導波路に導入する制御光導入光学系と、

2 つの信号光が入力され、該 2 つの信号光の位相差がある特定の条件を満足している場合に、信号光を前記ドロップ信号出力口から出力し、該条件を満足していない場合に、信号光を前記スルー信号出力口から出力する干渉分離器と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された一方の信号光を該干渉分離器に導入する第 3 の光導波路と、

前記光路重畳分離器と前記干渉分離器とを接続し、該光路重畳分離器から出力された他方の信号光を該干渉分離器に導入し、前記第 3 の光導波路の光路長よりも短い光路長を有する第 4 の光導波路であって、前記第 1 の光導波路を伝搬した信号光に対して、前記第 2 の光導波路を伝搬した信号光が遅延した遅延時間が、前記干渉分離器に到達する時点で回復されるように光路長が設定された該第 4 の光導波路と

を有する光デマルチプレクサ。

(付記 2 4) 前記信号光が、N 個のチャンネルが時分割多重された信号であり、

前記制御導波路は、第  $i$  段目 ( $i$  は 1 以上  $N$  以下の整数) のドロップ素子に入力される制御光を、該  $i$  段目のドロップ素子に入力される信号光の第  $i$  番目のチャンネルに同期させる付記 2 5 に記載の光デマルチプレクサ。

(付記 2 5) さらに、前記ドロップ素子の各々のドロップ信号出力口から出力される信号光を電気信号に変換する変換器を有する付記 2 1 乃至 2 4 のいずれかに記載の光デマルチプレクサ。

(付記 2 6) 複数のチャンネルを有する時分割多重された光信号を、第 1 の光信号と第 2 の光信号とに分岐する工程と、

前記第 2 の信号光を前記第 1 の信号光よりも 1 チャネル分の時間だけ遅延させて、該第 1 の信号光及び第 2 の信号光を非線型導波路に導入する工程と、

第 1 の時刻に前記非線型導波路の屈折率を変化させ、該第 1 の時刻以降に該非線型導波路を通過するチャネルの光信号の位相を変化させる工程と、

前記非線型導波路から出力された第 1 の信号光及び第 2 の信号光を、前記第 1 の信号光を前記第 2 の信号光よりも 1 チャネル分の時間だけ遅延させて、干渉分離器に導入する工程と、

前記第 1 の信号光と第 2 の信号光の対応するチャネルのうち、信号光の位相が相互にずれているチャネルの信号光を分離する工程と  
を有する光信号処理方法。

(付記 2 7) 第 1 の波長の連続光を、第 1 の連続光と第 2 の連続光とに分岐する工程と、

前記第 1 の連続光と第 2 の連続光とを、非線型導波路に導入する工程と、

第 1 の時刻に、前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長の制御光パルスを前記非線型導波路に導入して該非線型導波路の屈折率を変化させ、該第 1 の時刻以降に該非線型導波路を通過する第 1 の連続光及び第 2 の連続光の位相を変化させる工程と、

前記非線型導波路から出力された第 1 の連続光及び第 2 の連続光を、前記第 1 の連続光を前記第 2 の連続光よりも第 1 の遅延時間だけ遅延させて、干渉分離器に導入する工程と、

前記第 1 の連続光と第 2 の連続光のうち、位相が相互に位相がずれている期間のみ、前記第 1 の波長の光信号を出力する工程と  
を有する波長変換方法。

【 0 0 9 6 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、2 つの信号光の光路を、非線型導波路内で重ね合わせた後分離し、一方を遅延させて、分離干渉計に入射させることにより、所望の期間の信号光のみを分離することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施例による光信号処理装置の概略図、及びその動作を説明するための信号波形を示す図である。

【図 2】

第 1 の実施例による光信号処理装置で用いられる光路重畳分離器の第 1 及び第 2 の構成例を示す概略図である。

【図 3】

第 1 の実施例による光信号処理装置で用いられる光路重畳分離器の第 3 の構成例を示す概略図、及び光の伝搬の様子を示す図である。

【図 4】

実施例による光スイッチに使用される非線型導波路（半導体光増幅器）の斜視図である。

【図 5】

第 2 の実施例による光信号処理装置の概略平面図、及びブロック図である。

【図 6】

本発明の第 3 の実施例による光デマルチプレクサの概略図である。

【図 7】

本発明の第 4 の実施例による光デマルチプレクサの概略図である。

【図 8】

本発明の第 5 の実施例による波長変換装置の概略図である。

【図 9】

従来の光デマルチプレクサの概略図である。

【符号の説明】

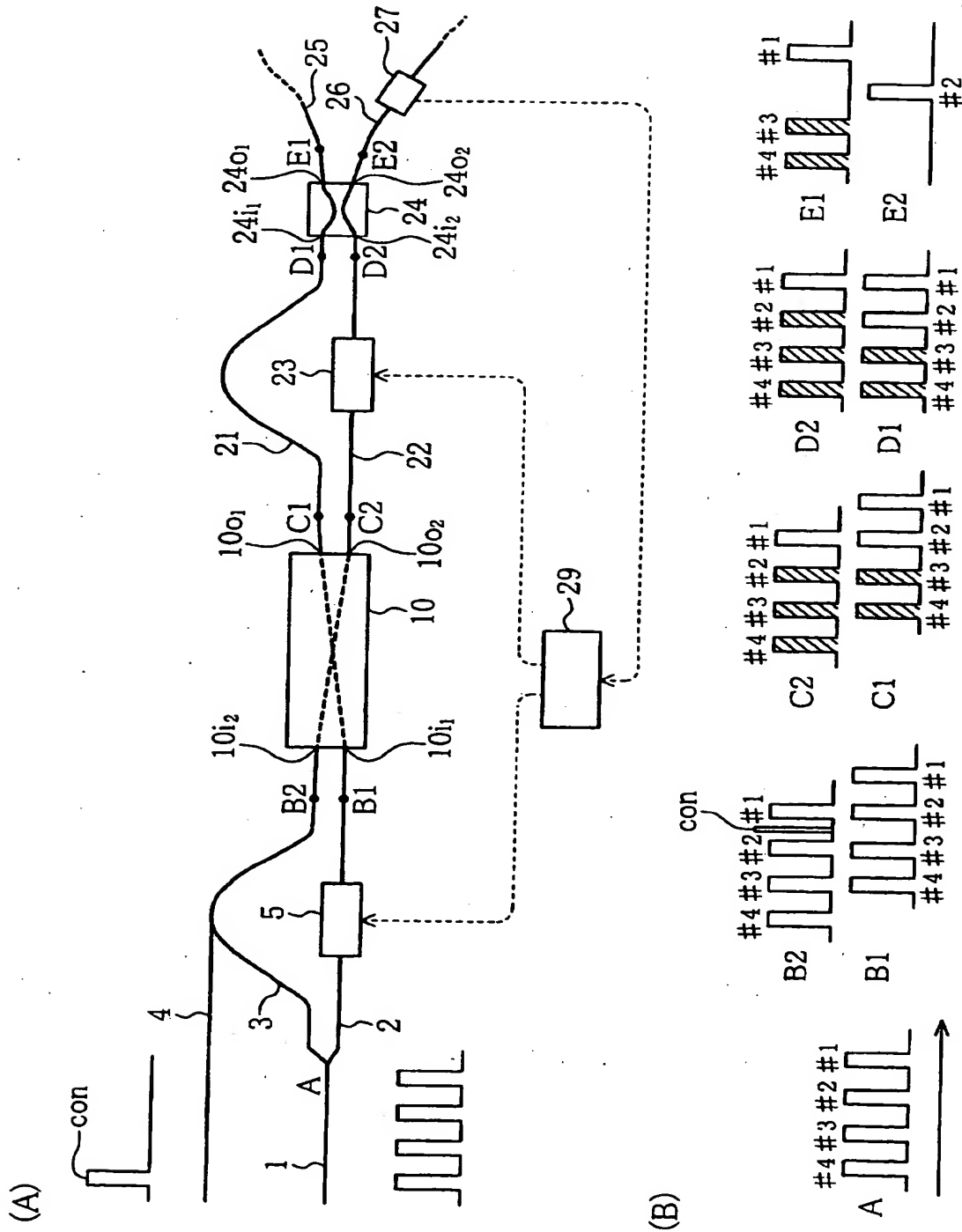
- 1、2、3、4、21、22、25、26 光導波路
- 5、23 位相調整器
- 10 光路重畳分離器
- 24 干渉分離器
- 27 光検出器
- 29 制御装置

- . 3 0 分岐用マルチモード干渉計
- 3 1 合流用マルチモード干渉計
- 7 0 光ドロップ素子
- 7 1、8 0 制御光導波路
- 7 2、8 1 信号光導波路
- 2 0 0 活性層
- 2 0 1 p 型半導体層
- 2 0 2 n 型半導体層
- 2 0 3 光信号

【書類名】

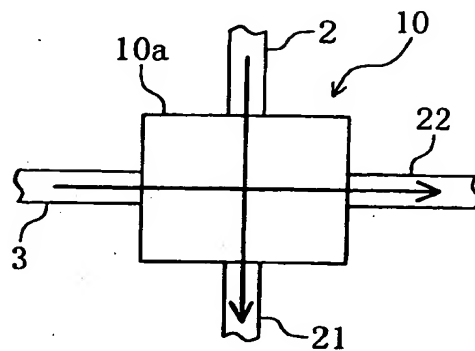
図面

【図 1】

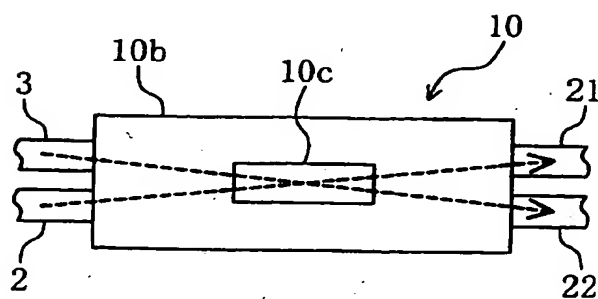


【図2】

(A) 第1の構成例



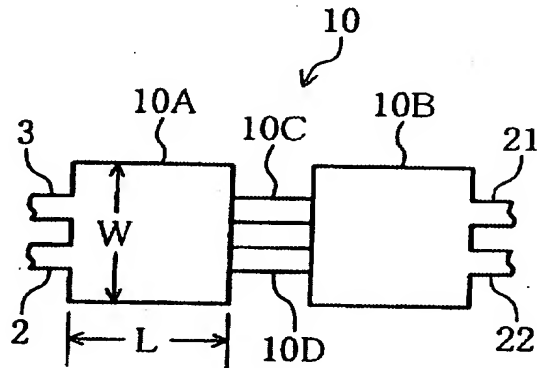
(B) 第2の構成例



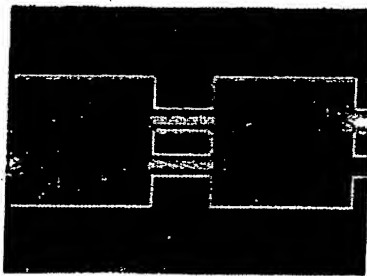
【図3】

第3の構成例

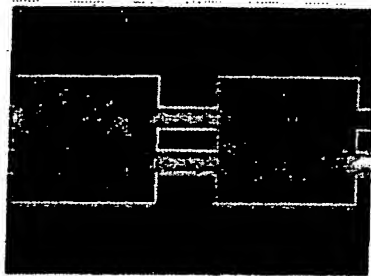
(A)



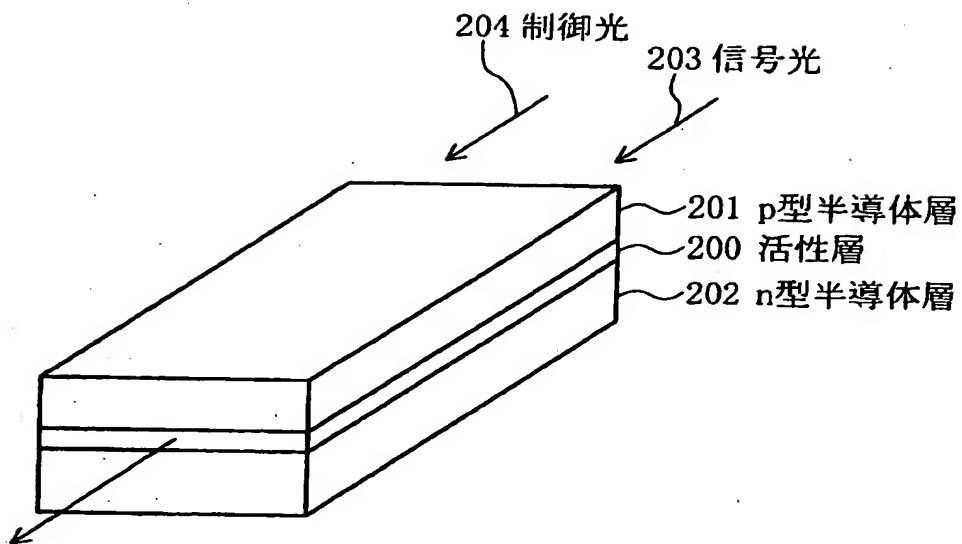
(B)



(C)



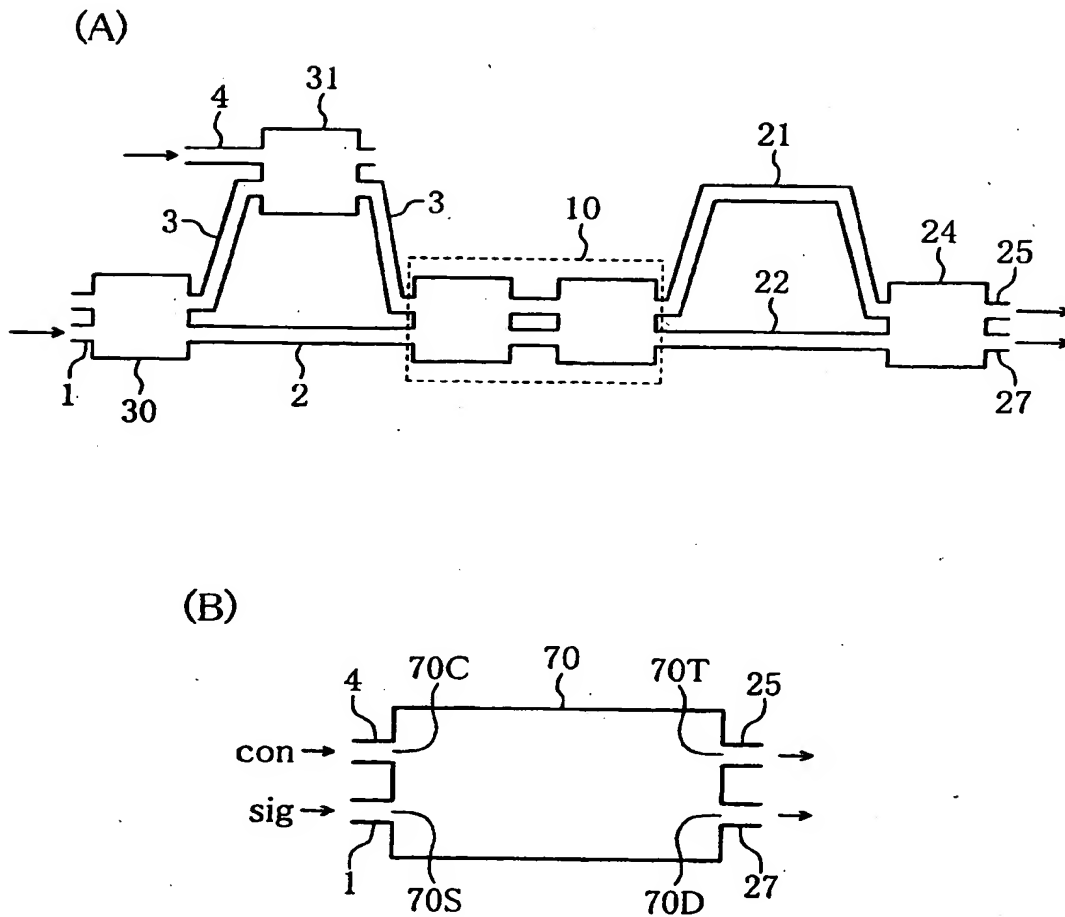
【図4】





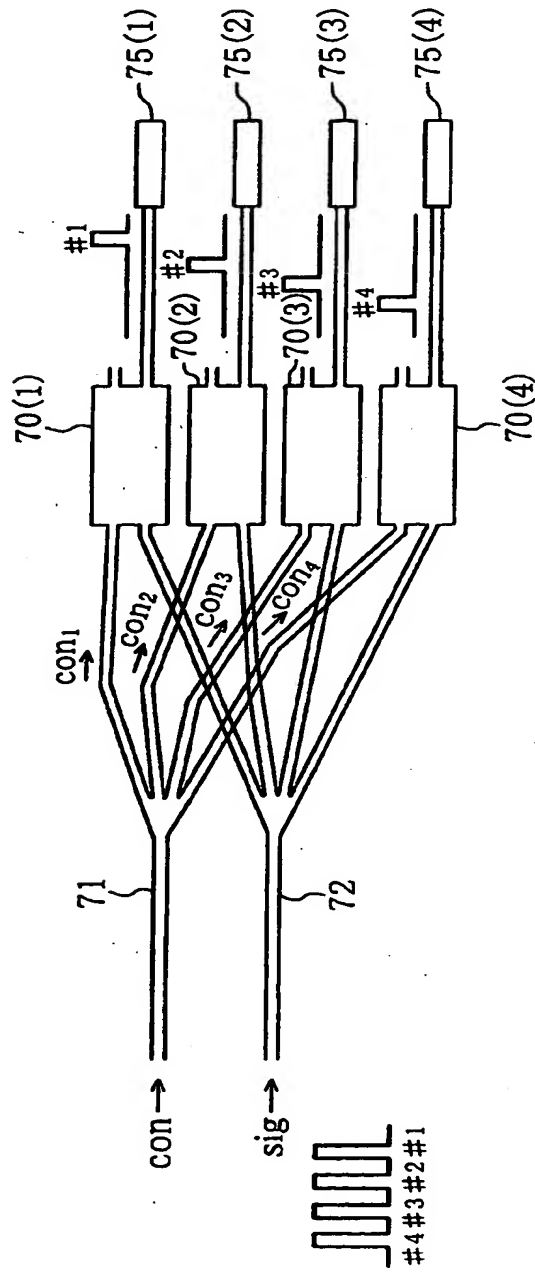
【図5】

第2の実施例



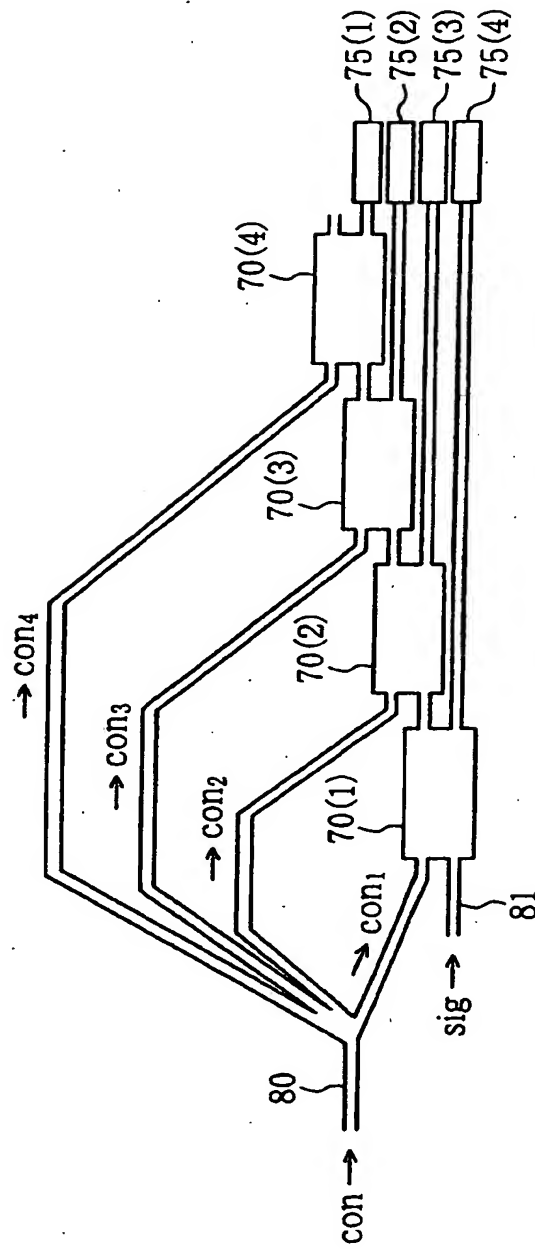
【図6】

第3の実施例



【図 7】

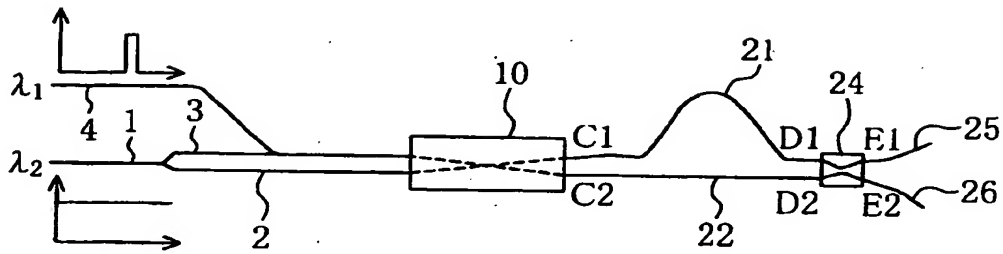
第4の実施例



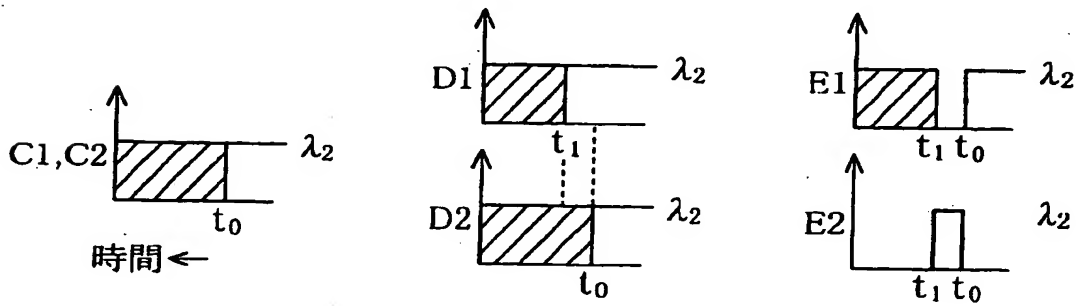
【図8】

第5の実施例

(A)

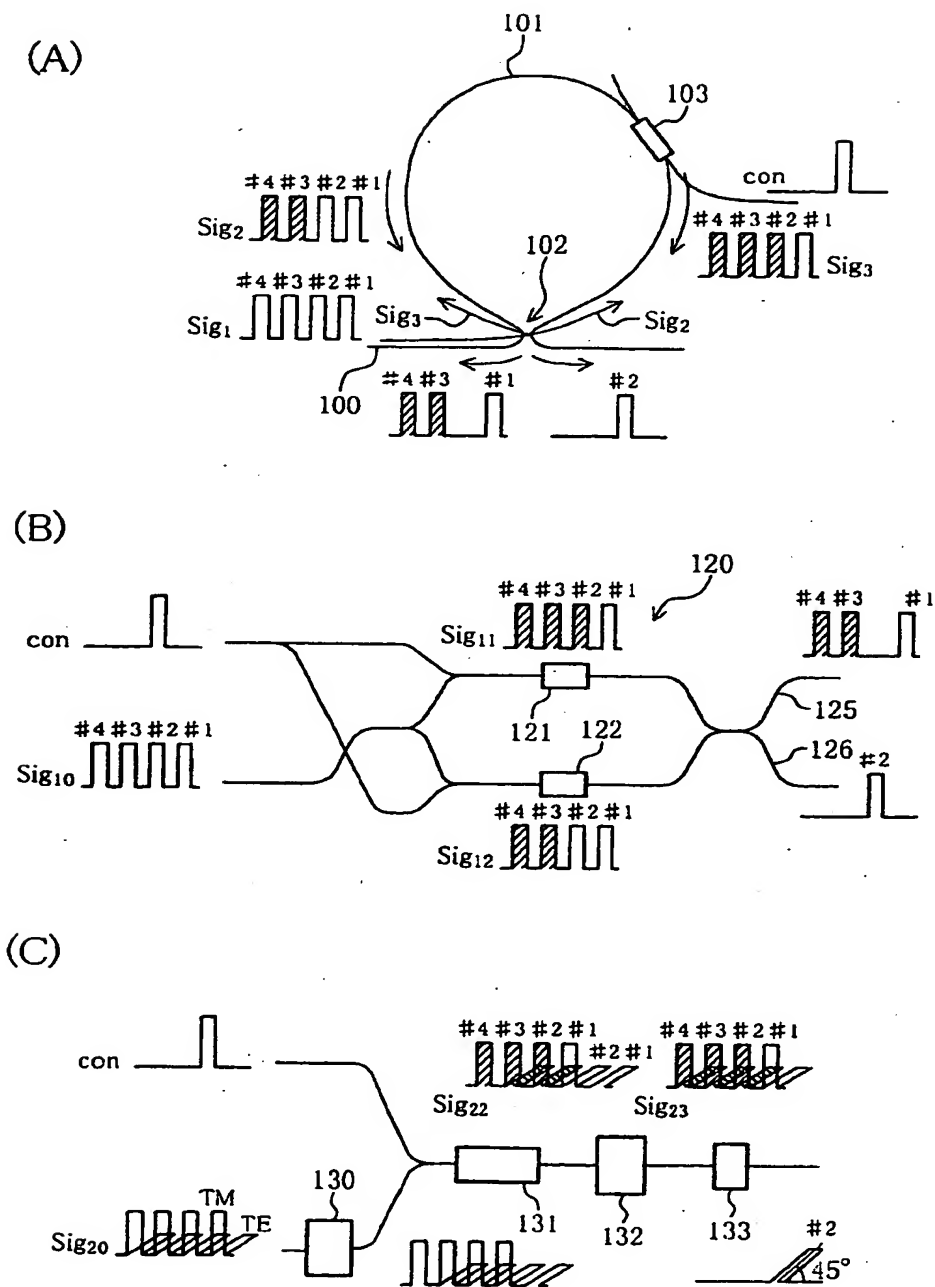


(B)



【図9】

従来例



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 処理速度を高め、装置の小型化を図ることが可能で、光信号の偏光状態に依存しない光信号処理装置を提供する。

【解決手段】 光路重畳分離器が、入力された2つの信号光の光路を一旦重畳させ、その後分離する。両者の光路の重畳された部分に、非線型導波路が配置されている。第1及び第2の光導波路が、光路重畳分離器に接続されている。第2の光導波路の光路長が、第1の光導波路の光路長よりも長い。制御光導入光学系が、非線型導波路に制御光を導入する。干渉分離器が、入力される2つの信号光の位相差により、信号光を振り分ける。第3及び第4の光導波路が、光路重畳分離器と干渉分離器とを接続する。第1の光導波路を伝搬した信号光に対して、第2の光導波路を伝搬した信号光が遅延した遅延時間が、干渉分離器に到達する時点で回復されるように、第3及び第4の光導波路の光路長が設定されている。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日	1996年 3月26日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名	富士通株式会社